

**DELPHION**

TENARIS.01

[Select C](#)**RESEARCH****PRODUCTS****INSIDE DELPHION**[Log Out](#)[Work Files](#)[Saved Searches](#)[My Account](#)Search: [Quick/Number](#) [Boolean](#) [Advanced](#) [Der](#)

## The Delphion Integrated View: INPADOC Record

Get Now: ☒ [PDF](#) | [File History](#) | [Other choices](#)Tools: [Add to Work File](#): [Create new Work](#)View: Jump to: [Top](#)☐ [Ema](#)

Title: **AR0050159A1: ACERO DE BAJA ALEACION PARA TUBOS PARA POZOS PETROLIFEROS**

Country: **AR** Argentina

Kind: **A1** Patent

Inventor: **OMURA, TOMOHIKO**; Japan  
**KOBAYASHI, KENJI**; Japan

Assignee: **SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.** Japan  
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)

Published / Filed: **2006-10-04** / 2005-06-09

Application Number: **AR2005000102357**

IPC Code: Advanced: **C22C 38/00**; **C22C 38/32**;  
Core: more...  
IPC-7: **C22C 38/22**; **C22C 38/24**; **C22C 38/28**; **C22C 38/32**;

ECLA Code: None

Priority Number: 2004-06-14 **JP2004000175242**

Abstract: Se describe un acero de baja aleacion para tubos para pozos petroliferos con excelente resistencia a fisuras por tensiones de sulfuro que contiene los siguientes elementos, en % en masa, C: 0,2 a 0,35%, Si: 0,05 a 0,5%, Mn: 0,05 a 10,0%, P: 0,025% o menos, S: 0,1% o menos Al: 0,05 a 0,10%, Cr: 0,1 a 1,0%, Mo: 0,5 a 1,0%, Ti: 0,002 a 0,05%, V: 0,05 a 0,3%, B: 0,0001 a 0,005%, N: 0,01% o menos, O (oxígeno): 0,01% o menos, Nb: 0 a 0,1%, Ca: 0 a 0,01%, Mg: 0 a 0,01% y Zr: 0 a 0,1%, en el cual el espesor de valor mitad H y el coeficiente de difusion de hidrogeno D (10-6 cm2/s) satisfacen la siguiente ecuacion: 30H + D menor o igual 19,5.

INPADOC Legal Status:

None

Get Now: [Family Legal Status Report](#)

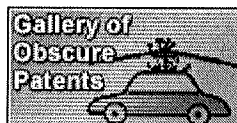
Family:

PDF	Publication	Pub. Date	Filed	Title
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">WO06003775A1</a>	2006-01-12	2005-06-03	LOW ALLOY STEEL FOR OIL WELL HAVING EXCELLENT SULFIDE STRESS CRACKING RESISTANCE
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">US20070137736A1</a>	2007-06-21	2006-12-14	Low alloy steel for oil well pipes having sulfide stress cracking resistance
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">NO20070033A</a>	2007-01-03	2007-01-03	Lavlegert stal for oljeborneror med ut motstand mot sulfid-spenningssprekk
				LOW ALLOY STEEL FOR OIL WELL

<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">JP2005350754A2</a>	2005-12-22	2004-06-14	HAVING EXCELLENT SULFIDE STRESS CRACKING RESISTANCE
<input type="checkbox"/>	<a href="#">EP1785501A1</a>	2007-05-16	2005-06-03	LOW ALLOY STEEL FOR OIL WELL PIPES HAVING EXCELLENT SULFIDE STRESS CRACKING RESISTANCE
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">CN1969053A</a>	2007-05-23	2005-06-03	Low alloy steel for oil well pipes having sulfide stress cracking resistance
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">CA2569907AA</a>	2006-01-12	2005-06-03	LOW ALLOY STEEL FOR OIL WELL PIPES EXCELLENT IN SULFIDE STRESS CRACKING RESISTANCE
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">BRI0512032A</a>	2008-02-06	2005-06-03	aço de baixo teor em liga para tubos de petróleo com uma excelente resistência à rachadura por tensão de sulfeto
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">AU5258696AA</a>	2006-01-12	2005-06-03	Low alloy steel for oil well pipe having sulfide stress cracking resistance
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>AR0050159A1</b>	2006-10-04	2005-06-09	ACERO DE BAJA ALEACION PARA TUBOS PARA POZOS PETROLIFEROS
10 family members shown above				

Other Abstract Info:

None



[Nominate this for the Gallery...](#)



Copyright © 1997-2008 The Thomson Group

[Subscriptions](#) | [Web Seminars](#) | [Privacy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#)

200 - 417

REPUBLICA ARGENTINA  
(AR)



I.N.P.I.

SOLICITUD DE:

P

050102357

PATENTE DE INVENCION: ☒

CERTIFICADO DE MODELO DE UTILIDAD: ☐

Fecha de presentación:



I. SOLICITANTE:

1) Apellido y Nombre/Denominación o Razón Social

SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.

2) Documento de identidad:

Estado Civil:

Nupcias:

Nombre del Cónyuge:

3) Caja de Jubilación o AFJP: .....

No. de CUIL o CUIT .....

4) Inscripto en el Registro Industrial de la Nación (Decreto-Ley 19.971/72) No. ....

5) Domicilio Real: 5-33, Kitahama 4-chome, Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka 541-0041 - JAPÓN

Legal: Avda. de Mayo 560 - C1084AAN Buenos Aires - Oficina MUCHALL SRL

II. Objeto:

6) Título de la Invención: **ACERO DE BAJA ALEACIÓN PARA TUBOS PARA POZOS PETROLÍFEROS**

7) Carácter de la Patente:

Definitiva, por el Término de: **20** años

Adicional a la Solicitud No. /Patente No.

Divisional de la Solicitud No.

8) Ley 17.011 Fecha de Prioridad: 14 de junio de 2004

País: Japón

No.: 2004 - 175242

III. Documentación acompañada

9) Se acompaña:

- a) Comprobante pago de servicio requerido ☒
- b) Formulario (ANEXO II) hoja técnica en duplicado ☒
- c) Carátula en duplicado ☒

I.N.P.I.  
-9 JUN 2005 13 47  
MESA DE ENTRADAS

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| d) Memoria descriptiva:                             | <input checked="" type="checkbox"/> |
| e) Reivindicaciones firmadas:                       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| f) Dibujos:   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| g) Número de planchas:                              | 6                                   |
| h) Resumen (Anexo I)                                | <input checked="" type="checkbox"/> |
| i) Copia Certificada (Ley 17.011) con su traducción | <input type="checkbox"/>            |
| j) Documento de Cesión                              | <input type="checkbox"/>            |
| k) Dibujos informales:                              | <input type="checkbox"/>            |

**IV. Sociedades**

10) Sociedad, representada por: **MUCHALL SRL**  
 .....  
 quien declara bajo juramento que inviste el carácter de **APODERADOS**  
 que su mandato se encuentra vigente y que la Sociedad se halla inscripta en el Registro Público de Comercio: .....  
 Fecha: ..... No. .... F. .... Lib. .... T. ....

**V. Mandato**

11) Poder inscripto en: ..... Registrado en el INPI bajo No. **00401 (29.07.96)**  
 ..... Otro Registro: ..... No. ....  
 12) En este acto, se autoriza a: .....  
 .....  
 13) Se acompaña poder: ☐  
 14) Caja jubilación o AFJP: ..... No. CUIL o CUIT **30-67967896-1**  
 15) Agente No. **190** .....

**VI. DECLARACION**

16) A los efectos del decreto sin número del 7 de junio de 1901 (sobre patentabilidad en el extranjero) manifiesta que el invento: ..... ha sido patentado en el extranjero.

**VII. OBSERVACIONES:**

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 19 de la Ley 24.481, en tiempo y forma se cumplimentarán los siguientes recaudos:

. Documento de Prioridad

MUCHALL SRL - AGENTE 190

  
 Ing. Manfredo C. Muchall

.....  
 (Firma del autorizado)

.....  
 (Firma del Solicitante)



# Memoria Descriptiva de la Patente de Invención

**Sobre:**

**ACERO DE BAJA ALEACIÓN PARA TUBOS PARA  
POZOS PETROLÍFEROS**

**SOLICITADA POR:**

**SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.**

**CON DOMICILIO EN:**

**5-33, Kitahama 4-chome, Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka 541-0041 - JAPÓN**

**POR EL PLAZO DE veinte AÑOS**



### Campo Técnico

La presente invención se refiere a un acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos con excelente resistencia a fisuras por tensiones de sulfuro, lo que lo hace adecuado para usar en entubados o tuberías para pozos petrolíferos o gasíferos.

### Arte Anterior

Junto con el incremento en la profundidad de los pozos para campos petrolíferos y gasíferos, se requiere mayor resistencia en los tubos para pozos petrolíferos usados en pozos petrolíferos o gasíferos. En lugar de la clase 80 ksi (límite elástico (YS) 551 a 654 MPa) o clase 95 ksi (límite elástico (YS) 654 a 758 MPa) de los tubos para pozos petrolíferos usados hasta el presente, en años recientes se han usado frecuentemente tubos para pozos petrolíferos de clase 110 ksi (YS de 758 a 861 MPa).

Por otro lado, los pozos profundos recientemente desarrollados contienen a menudo sulfuro de hidrógeno corrosivo. Bajo tales circunstancias, los acero de alta resistencia provocan friabilidad por hidrógeno, lo que se refiere como fisuras por tensiones de sulfuro (a continuación referido como "SSC"), que pueden provocar en ocasiones la rotura de los tubos para pozos petrolíferos. En consecuencia, el tema más significativo en tubos para pozos petrolíferos de alta resistencia es superar las SSC.



Un procedimiento para mejorar la resistencia a SSC en tubos para pozos petrolíferos de clase 95 a 110 ksi es purificar elevadamente los aceros o refinar los granos cristalinos de la microestructura. Por ejemplo, el Documento de Patente 1 propone un procedimiento para mejorar la resistencia a SSC reduciendo los elementos de impurezas como Mn y P. El Documento de Patente 2 describe un procedimiento para mejorar la resistencia a SSC refinando los granos cristalinos mediante doble templado.

Adicionalmente, en años recientes se han comenzado estudios sobre tubos de alta resistencia para pozos petrolíferos, tales como de clase 125 ksi (YS de 861 a 965 MPa). Como es más probable que las SSC ocurran en aceros de alta resistencia, se han requerido mejoras adicionales en el diseño de materiales para tubos para pozos petrolíferos de clase 125 ksi, más que para los tubos para pozos petrolíferos anteriores de la clase 95 ksi (YS de 654 a 758 MPa) o de la clase 110 ksi (YS de 758 a 861 MPa). El Documento de Patente 3 propone un procedimiento para obtener materiales acero de clase 125 ksi con excelente resistencia a SSC por el cual los granos cristalinos de la microestructura se refinan por tratamiento térmico usando calentamiento por inducción. El documento de Patente 4 propone un procedimiento para la fabricación de un tubo de acero de clase 110 a 125 ksi y de clase 140 ksi (YS de 965 a 1068 MPa), el cual tiene excelente



resistencia a SSC, aumentando la temperatura de templabilidad y de revenido por un procedimiento de templado directo. El Documento de Patente 5 propone una técnica para obtener un acero de baja aleación de clase 110 a 140 ksi con excelente resistencia a SSC optimizando la composición de la aleación. El Documento de Patente 6, el Documento de Patente 7 y el Documento de Patente 8 proponen procedimientos para mejorar la resistencia a SSC de un acero de baja aleación usado en pozos petrolíferos de clase 110 a 140 ksi controlando la conformación de los carburos. Además, el Documento de Patente 9 propone una técnica para retardar la ocurrencia de SSC de materiales acero de clase 110 a 125 precipitando una gran cantidad de carburos de vanadio finos.

[Documento de Patente 1] Publicación de Patente Japonesa no examinada No. S 62-253720

[Documento de Patente 2] Publicación de Patente Japonesa no examinada No. S 59-232220

[Documento de Patente 3] Publicación de Patente Japonesa no examinada No. H6-322478

[Documento de Patente 4] Publicación de Patente Japonesa no examinada No. H8-311551

[Documento de Patente 5] Publicación de Patente Japonesa no examinada No. H11-335731

[Documento de Patente 6] Publicación de Patente Japonesa no examinada No. 2000-178682





[Documento de Patente 7] Publicación de Patente Japonesa no examinada No. 2000-256783

[Documento de Patente 8] Publicación de Patente Japonesa no examinada No. 2000-297344

[Documento de Patente 9] Publicación de Patente Japonesa no examinada No. 2000-119798

#### Descripción de la Invención

Aun los aceros propuestos descriptos más arriba no pueden asegurar la resistencia a SSC de manera estable. La presente invención intenta proveer un acero resistente a SSC para tubos para pozos petrolíferos capaz de asegurar excelente resistencia a SSC de manera estable aun cuando es usado para tubos para pozos petrolíferos de alta resistencia de clase 125 ksi o mayores.

Los inventores de la presente han realizado diversos estudios sobre la causa de la ocurrencia de SSC y los medios para solucionarla en aceros de alta resistencia para tubos para pozos petrolíferos, teniendo en cuenta la densidad de dislocación y el coeficiente de difusión de hidrógeno en los mismos, hallando como resultado que la densidad de dislocación y el coeficiente de difusión de hidrógeno están correlacionados con la resistencia a SSC como se describirá más adelante.

(a) Se considera que las SSC tienden a ocurrir en los aceros de alta resistencia porque, a medida que se incrementa la



resistencia, la densidad de dislocación de los cristales tiende a incrementar y el hidrógeno difundido tiende a ocluirse más en las porciones dislocadas. En vista de esto, la ocurrencia de SSC puede suprimirse disminuyendo el hidrógeno atrapado, aun en un acero de alta resistencia, lo cual puede lograrse disminuyendo la densidad de dislocación de los cristales tan poco como posible para disminuir la porción de dislocación.

(b) Alternativamente se considera que las SSC tienden a ocurrir en aceros de alta resistencia debido a que el hidrógeno se acumula en las porciones con tensiones concentradas, como por ejemplo la corrosión en el fondo de pozo. En vista de esto, la ocurrencia de SSC puede ser suprimida evitando la acumulación de hidrógeno en dichas porciones con tensiones concentradas, lo que puede lograrse diseñando una composición de material para evitar la difusión de hidrógeno en el material.

(c) La densidad de dislocación es dominada por el espesor de valor mitad de la cara del cristal [211] (grado de tensión de reticulados cristalinos) determinado por una difracción por rayos X. La difusión de hidrógeno en el material es dominada por el coeficiente de difusión de hidrógeno del acero determinado por un procedimiento de penetración de hidrógeno.

(d) En consecuencia, es posible proveer tubos de acero para pozos petrolíferos de alta resistencia con excelente



resistencia a SSC, si el espesor de valor mitad y el coeficiente de difusión de hidrógeno pueden ser controlados a los valores deseados.

La presente invención se ha realizado basada en dichos estudios novedosos. Un acero de alta resistencia para tubos para pozos petrolíferos, según la invención, se describe a continuación en los puntos (1) a (5). A continuación, las invenciones relativas a los aceros de los puntos (1) a (5) pueden ser referidos colectivamente en la presente invención.

(1) Un acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos que contiene los siguientes elementos, en % en masa, C: 0,2 a 0,35%, Si: 0,05 a 0,5%, Mn: 0,05 a 1,0%, P: 0,025% o menos, S: 0,01% o menos, Al: 0,005 a 0,10%, Cr: 0,1 a 1,0%, Mo: 0,5 a 1,0%, Ti: 0,002 a 0,05%, V: 0,05 a 0,3%, B: 0,0001 a 0,005%, N: 0,01% o menos, O (oxígeno): 0,01% o menos, Nb: 0 a 0,1%, Ca: 0 a 0,01%, Mg: 0 a 0,01% y Zr: 0 a 0,1%, donde el espesor de valor mitad  $H$  y el coeficiente de difusión de hidrógeno  $D$  ( $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/s) satisface la siguiente ecuación (1):

$$30H + D \leq 19,5$$

ecuación (1).

(2) Un acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos según el punto (1), en el cual el límite elástico es 861 MPa o más.

(3) Un acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos según ya sea el punto (1) o (2), el cual se



caracteriza porque contiene además Nb: 0 a 0,1% en masa.

(4) Un acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos según cualquiera de los puntos (1) a (3), el cual se caracteriza porque contiene además uno o ambos de los elementos Ca: 0 a 0,01% y Mg: 0 a 0,1% en masa.

(5) Un acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos según cualquiera de los puntos (1) a (4), el cual se caracteriza porque contiene además Zr: 0 a 0,1% en masa.

Según la presente invención, tubos para pozos petrolíferos con excelente resistencia a SSC pueden ser provistos de manera estable aun con una elevada resistencia de límite elástico (YS) de 861 MPa o más.

Mejores modalidades de realización de la invención

Un acero de alta resistencia para tubos para pozos petrolíferos según la presente invención se describe específicamente como sigue:

A. Espesor de valor mitad y coeficiente de difusión de hidrógeno del acero

En el acero para uso en tubos para pozos petrolíferos según la presente invención, como es necesario que el espesor de valor mitad y el coeficiente de difusión de hidrógeno sean controlados para satisfacer la ecuación (1), se describirá en primer lugar un procedimiento de medición del espesor de valor mitad y del coeficiente de difusión de hidrógeno del



acero.

Los aceros con la composición química mostrada en la Tabla 1 fueron cada uno, por 150 kg, fundidos al vacío, forjados en caliente y a continuación laminados en caliente para obtener una placa sometida luego a templado y revenido.

Tabla 1

Acero	Composición química (% en masa)																
	C	Si	Mn	P		Al. sol.	Cr	Mo	Ti	V	B	Nb	Zr	Ca	Mg		
(a)	0,27	0,19	0,43	0,005	0,0018	0,034	0,50	0,73	0,015	0,11	0,0011	-	-	-	-	0,0044	0,0031
(b)	0,28	0,21	0,44	0,008	0,0011	0,033	0,51	0,71	0,016	0,02	0,0012	-	-	-	-	0,0034	0,0042
(c)	0,28	0,18	0,45	0,004	0,0012	0,032	1,21	0,74	0,016	0,12	0,0009	-	-	-	-	0,0036	0,0043
(d)	0,26	0,15	0,43	0,003	0,0011	0,034	0,51	0,35	0,015	0,11	0,0011	-	-	-	-	0,0034	0,0041





En este caso, como se muestra en la Tabla 2, la relación total de trabajo (%) y la temperatura de terminación de laminación (°C) fueron variadas. La relación total de trabajo (%) significa un valor representado por lo siguiente:

Relación total de trabajo (%)

$$= 100 \times \{ (\text{área de sección transversal de la placa antes del trabajo}) - (\text{área de sección transversal después del trabajo final}) \} / (\text{área de sección transversal de la placa antes del trabajo}).$$

Tabla 2

Ensayo No.	Ord. de	Relación total de trabajo (%)	Temperatura de la minación final (°C)	Temperatura de templado (°C)	Resistencia	ESPE- sor de valor mitad H	Coeficiente de difusión de hidrógeno D (10 <sup>-6</sup> cm <sup>2</sup> /s)	30H+D	Resultado del Ensayo SSC	
									Ensayo de carga constante	Ensayo DCB (factor de intensidad de tensión K <sub>ISCC</sub> )
1	(a)	20,5	1060	920	951	0,41	2,1	14,4	O	27,1
2	(a)	7,2	1100	910	958	0,47	2,3	16,4	O	28,1
3	(a)	7,1	960	930	944	0,51	3,9	19,2	O	27,8
4	(a)	25,6	1050	1050	958	0,33	1,1	11,0	O	30,5
5	(a)	40,5	1090	1030	944	0,31	1,3	10,6	O	30,1
6	(a)	37,6	990	920	951	0,36	3,9	14,7	O	27,6
7	(a)	62,6	970	950	958	0,49	3,4	18,1	O	28,1
8	(a)	30,5	940	920	937	0,57	4,3	21,4	X	24,2
9	(a)	53,5	1030	990	958	0,39	2,8	14,5	O	29,4
10	(a)	69,1	1060	920	944	0,64	2,3	21,5	X	20,9
11	(a)	35,5	1050	890	951	0,56	5,5	22,3	X	23,1
12	(a)	3,5	920	850	958	0,68	6,1	26,5	X	19,5
13	(a)	5,3	910	830	951	0,63	6,8	25,7	X	21,2
14	(a)	15,4	1040	950	944	0,31	8,1	17,4	O	28,4
15	(a)	25,4	1030	920	958	0,55	1,2	17,7	O	27,9
16	(b)	20,5	990	920	944	0,45	9,2	22,7	X	20,2
17	(b)	24,6	1040	920	937	0,32	11,5	21,1	X	20,1
18	(c)	31,3	1050	920	944	0,69	1,3	22,0	X	19,8
19	(c)	34,6	1100	920	951	0,59	2,2	19,9	X	23,1
20	(d)	25,5	1090	920	944	0,63	10,8	29,7	X	22,4
21	(d)	25,3	1050	920	944	0,62	8,9	27,5	X	23,5







El templeado y revenido se aplicaron para controlar la resistencia de los materiales acero (YS) en la cercanía del límite superior de la clase 125 ksi, mostrando la resistencia indicada en la Tabla 2. El templeado se realizó por enfriamiento con agua después de mantenerlo a diversas temperaturas durante 30 minutos, y el revenido se realizó por enfriamiento con aire después de mantenerlo a diversas temperaturas durante una hora, respectivamente.

Una pieza de ensayo de  $1 \times 10 \times 10 \text{ mm}^3$  fue tomada de los materiales acero, pulida con papel de lija No. 1200, removiendo luego la capa endurecida por trabajo de la superficie de la pieza de ensayo sumergiéndola en peróxido de hidrógeno acuoso a temperatura ambiente con adición de una pequeña cantidad de ácido fluorhídrico. Se la sometió a ensayo de difracción por rayos X para medir el espesor de valor mitad para el pico de la cara cristalina [211].

Adicionalmente, una varilla redonda con diámetro de porción paralela de 6 mm y longitud de porción paralela de 40 mm fue tomada como pieza de ensayo de tracción de los materiales acero en la dirección de laminación, siendo sometida a un ensayo de tracción a temperatura ambiente, determinándose la resistencia de la pieza de ensayo basada en el valor medido para resistencia YS.

Se realizaron dos tipos de procedimientos, un ensayo de carga constante y un ensayo DCB, para la evaluación de la



resistencia a SSC. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

En primer lugar, se realizó una evaluación por el ensayo de carga constante ensayando una varilla redonda, con diámetro de porción paralela de 6,35 mm y longitud de porción paralela de 25,4 mm, como pieza de ensayo de tracción de los materiales acero en la dirección de laminación y de acuerdo con el procedimiento NACE (National Association of Corrosion Engineers - Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión) TM 0177. Se usaron dos clases de baños de ensayo. Uno es una solución acuosa de 5% en masa de cloruro de sodio + 0,5% en masa de ácido acético a temperatura ambiente saturada con sulfuro de hidrógeno gaseoso (equilibrado con dióxido de carbono acuoso) a 0,1 atm (referido a continuación como "baño A"). El otro baño es una solución acuosa de 5% en masa de cloruro de sodio + 0,5% en masa de ácido acético a temperatura ambiente saturada con sulfuro de hidrógeno gaseoso a 1 atm (a continuación referido como "baño B"). Las piezas de ensayo fueron cada una evaluadas sobre si se producían roturas en un lapso de 720 horas a una carga de 90% de tensión para el valor YS mostrado en la Tabla 2. Se consideraba que una pieza de ensayo que no mostraba roturas tenía buena resistencia a SSC.

A continuación, se realizó un ensayo de DCB tomando una pieza rectangular de 10 mm de espesor, 20 mm de ancho y 100 mm de longitud como pieza de ensayo DCB (Double Cantilever



Bent Beam - Viga Flexada en Doble Voladizo) de los materiales acero de acuerdo con el procedimiento NACE TM 0177D. Las piezas de ensayo fueron sumergidas en el baño A y en el baño B durante 336 horas para medir el valor del factor  $K_{ISSC}$  de intensidad de tensión. Los valores medidos para los resultados se muestran en la Tabla 2. En el caso donde el valor de factor  $K_{ISSC}$  de intensidad de tensión es 25 o mayor, se considera que la resistencia a SCC es favorable.

Además, se tomó una pieza discoidal de 70 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor como pieza de ensayo de los materiales acero, midiéndose el coeficiente de difusión de hidrógeno por un ensayo de penetración.

La figura 1 muestra una vista esquemática de un aparato de ensayo de penetración de hidrógeno. El baño usado para el ensayo de SSC llena el interior de la celda del lado de ingreso del hidrógeno (celda de cátodo 1). Una solución acuosa de 1N NaOH llena el interior de la celda del lado opuesto (celda de ánodo 2), y la pieza de ensayo 3 se mantiene a potencial constante de 0 V con relación a un electrodo de referencia 5 (en esta modalidad electrodo de cloruro de plata-plata). Los átomos de hidrógeno generados en la celda de cátodo son oxidizados a iones de hidrógeno en el momento que penetran la pieza de ensayo y son liberados a la celda de ánodo. El valor de corriente que fluye entre la pieza de ensayo y un electrodo contador 6 (en esta



realización es un electrodo contador de platino) es medido mediante un potencióstato 4 (Dispositivo electrónico que controla el potencial eléctrico entre electrodos de trabajo y de referencia en una celda de tres electrodos a un vapor preajustado) como valor corriente de penetración de hidrógeno.

La figura 2 es un gráfico que muestra el valor de corriente de penetración de hidrógeno medido como resultado del ensayo de penetración de hidrógeno. Después de sumergir la pieza de ensayo en la solución, la penetración de hidrógeno se produce dentro de un lapso de tiempo hasta que el valor corriente de penetración de hidrógeno llega finalmente al valor para estado estacionario ( $J_{\max}$ ), donde el coeficiente de difusión de hidrógeno  $D$ , que muestra la capacidad de captura de hidrógeno de los materiales acero, es medido basado en el proceso de transición (pendiente pronunciada de la curva) hasta el estado estacionario. En este caso, el coeficiente de difusión de hidrógeno  $D$  se calcula basado en el tiempo  $t_{1/2}$  requerido para llegar al valor mitad del valor de estado estacionario ( $J_{\max}$ ) según la siguiente ecuación (2).

$$D = L^2 / (7,14 t_{1/2}) \quad \text{ecuación (2)}$$

donde  $D$ : coeficiente de difusión de hidrógeno ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ),

$L$ : espesor de la muestra (cm),

$t_{1/2}$ : tiempo (s) hasta que el valor de corriente de



penetración de hidrógeno alcanza la mitad del valor estacionario.

La Tabla 2 muestra el resultado del cálculo para el coeficiente de difusión de hidrógeno  $D$  ( $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/s). La tabla 2 también describe conjuntamente las condiciones de fabricación para los materiales acero (relación total de trabajo, temperatura final de laminación, temperatura de revenido), resistencia (YS), espesor de valor mitad  $H$  y resultados del ensayo de SSC (ensayo de carga constante, ensayo DCB).

La figura 3 es un gráfico que muestra el resultado del ensayo de carga constante en el cual la abscisa expresa el espesor de valor mitad  $H$  y la ordenada expresa el coeficiente de difusión de hidrógeno  $D$  ( $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/s). Puede verse que la resistencia a SSC mejora a medida que disminuyen ambos valores espesor de valor mitad y coeficiente de difusión de hidrógeno. Puede reconocerse que la resistencia a SSC suficiente para la clase 125 ksi se asegura si la relación entre el espesor de valor mitad  $H$  y el coeficiente de difusión de hidrógeno  $D$  ( $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/s) puede satisfacer la siguiente ecuación (1):

$$30H + D \leq 19,5 \quad \text{ecuación (1)}$$

A continuación se describirá un procedimiento para disminuir el espesor de valor mitad y el coeficiente de difusión de hidrógeno de un acero. El acero para tubos para



pozos petrolíferos según la invención puede ser provisto con valores de espesor de valor mitad y de coeficiente de difusión de hidrógeno que satisfacen la ecuación (1) controlando las condiciones de fabricación para los materiales acero (relación total de trabajo, temperatura final de laminación, temperatura de templado) y la composición química aun para aceros de alta resistencia como se describe en (i) a (iv) más abajo.

(i) La figura 4 muestra el resultado de la investigación para la correlación entre la relación total de trabajo y el espesor de valor mitad para el acero (a) de la Tabla 1. Como puede verse en la figura 4, el espesor de valor mitad aumenta cuando la relación total de trabajo es demasiado grande. Se considera que esto puede atribuirse a la tensión por deformación de trabajo durante la laminación que permanece aun después del tratamiento térmico cuando la relación total de trabajo es demasiado grande. Además, el espesor de valor mitad también aumenta cuando la relación total de trabajo es demasiado pequeña. Se considera que esto puede atribuirse a la microestructura gruesa que crece después del templado cuando la relación total de trabajo es demasiado pequeña.

(ii) La figura 5 muestra el resultado de la investigación para la correlación entre la temperatura final de laminación y el espesor de valor mitad, y la correlación entre la temperatura final de laminación y el coeficiente de difusión



de hidrógeno del acero (a) en la Tabla 1. Como puede verse en la figura 5, el espesor de valor mitad y el coeficiente de difusión de hidrógeno disminuyen a medida que aumenta la temperatura final de laminación. Se considera que esto puede atribuirse al hecho que, a medida que aumenta la temperatura final de laminación, los elementos formadores de carburo fino, como Mo y V, son suficientemente solubles en estado sólido en el acero al completar la laminación, lo cual provoca precipitación de los carburos finos durante el subsiguiente tratamiento térmico.

(iii) La figura 6 muestra el resultado de la investigación para la correlación entre la temperatura de templado y el espesor de valor mitad, y la correlación entre la temperatura de templado y el coeficiente de difusión de hidrógeno. Como puede verse en la figura 6, tanto el espesor de valor mitad como el coeficiente de difusión de hidrógeno disminuyen a medida que se incrementa la temperatura de templado. También se considera que esto puede ser atribuido al hecho que, de manera similar a (ii), a medida que aumenta la temperatura de templado, elementos formadores de carburos finos, como Mo y V, son suficientemente solubles en estado sólido en el acero al completar la laminación, lo que provoca la precipitación de carburos finos durante el subsiguiente tratamiento térmico.

(iv) Puede verse en la Tabla 2 que tanto el espesor de valor



mitad como el coeficiente de difusión de hidrógeno aumentan y la resistencia a SSC no es favorable en el acero (b) con baja concentración de V y en el acero (d) con baja concentración de Mo, aun cuando fueron fabricados bajo las mismas condiciones que el acero (a). Se considera que esto puede atribuirse al hecho que la cantidad de V y Mo es insuficiente para formar carburos finos.

También puede verse en la Tabla 2 que el espesor de valor mitad disminuye en el acero (c) con alta concentración de Cr. Se considera que esto puede atribuirse al hecho que Cr es suficientemente soluble en estado sólido en el acero, lo que provoca que aumente la densidad de dislocación.

En consecuencia, para disminuir suficientemente el espesor de valor mitad y el coeficiente de difusión de hidrógeno, es necesario controlar la concentración en % en masa de Cr a 1,0% o menos, Mo a 0,5% o más, y V a 0,05% o más.

#### B. Composición química del acero

A continuación se describirá la composición química del acero para tubos para pozos petrolíferos según la invención. En la presente "%" representa "% en masa".

C: 0,2 a 0,35%

C es un elemento que incrementa eficazmente la templabilidad, mejorando la resistencia. En caso que la concentración sea menor de 0,2%, disminuye la templabilidad,





y no puede obtenerse resistencia suficiente. Por otro lado, si la concentración excede de 0,35%, aumentan las fisuras de templado, por lo que el límite superior se define en 0,35%. Una concentración preferida es de 0,25 a 0,30%.

Si: 0,05 a 0,5%

Si es un elemento eficaz para la desoxidación del acero y también tiene el efecto de incrementar la resistencia a ablandamiento por recocido. Con el objetivo de desoxidación, debe contener 0,05% o más. Por otro lado, si la concentración excede 0,5%, se promueve la precipitación de una fase ferrita como fase blanda, deteriorándose la tenacidad y la resistencia a SSC. En consecuencia, la concentración de Si está definida en 0,05 a 0,5%. Una concentración preferida es entre 0,05 y 0,3%.

Mn: 0,05 a 1,0%

Mn es un elemento eficaz para asegurar la templabilidad del acero. Teniendo en vista ese propósito, debe contener 0,05% o más. Por otro lado, si se excede 1%, el mismo segrega junto con elementos de impurezas, como P y S, hacia la interfase granular, lo cual deteriora la tenacidad y la resistencia a SSC. En consecuencia, la concentración de Mn está definida en 0,05 a 1%. Una concentración deseable es entre 0,1 y 0,6%.

P: 0,025% o menos

P segrega hacia la interfase granular, lo que deteriora



la tenacidad y la resistencia a SSC. Como este efecto se vuelve notable cuando la concentración excede de 0,025%, el límite superior está definido como 0,025%. Preferiblemente, el límite superior para P es 0,015%. Es deseable que la concentración de P sea tan baja como posible.

S: 0,01% o menos

S también segrega hacia la interfase granular, al igual que P, lo que deteriora la tenacidad y la resistencia a SSC. Como el efecto es más notable cuando la concentración excede de 0,01%, el límite superior está definido como 0,01%. El límite superior de S es preferiblemente 0,003%. Es deseable que la concentración de S sea tan baja como posible.

Al: 0,005 a 0,10%

Al es un elemento eficaz para la desoxidación del acero. Cuando su concentración es menor que 0,005%, no puede obtenerse un efecto suficiente. Por otro lado, como el efecto es saturado aun cuando excede 0,10%, el límite superior del mismo está definido como 0,10%. La concentración de Al en la invención significa Al soluble en ácido (así llamado "Al sol.>").

Cr: 0,1 a 1,0%

Cr es un elemento que mejora eficazmente la templeabilidad del acero. Para obtener este efecto, debe tener una concentración de 0,1% o más. Sin embargo, si la concentración excede 1,0%, aumenta la densidad de dislocación



del acero, lo que deteriora la resistencia a SSC. En consecuencia, la concentración de Cr está definida en 0,1 a 1,0%. Una concentración preferida es de 0,1 a 0,6%.

Mo: 0,5 a 1,0%

Mo es un elemento importante en el acero inventivo ya que mejora la templabilidad del acero, y también forma carburos finos durante el revenido. También disminuye el espesor de valor mitad y el coeficiente de difusión de hidrógeno, lo que mejora la resistencia a SSC. Para obtener este efecto, debe contener 0,5% o más. Por otro lado, como el efecto del mismo es saturado, aun si contiene más de 1,0%, el límite superior está definido como 1,0%. Una concentración preferida es de 0,6 a 0,8%.

Ti: 0,002 a 0,05%

Ti tiene el efecto de formar nitruro por la reacción con N, el cual es una impureza en el acero. La cantidad de Ti que no reacciona con N forma precipitados finos de carburos, lo cual resulta eficazmente en el acero de granos finos por el efecto de bloqueo (pinning). La formación de nitruro también suprime la reacción de N con B, que se añade para mejorar la templabilidad del acero, lo cual resulta en mantener B en estado soluto sólido que asegura suficiente templabilidad.

Para lograr esto, la concentración de Ti debe ser 0,002% o más. Por otro lado, el efecto es saturado deteriorando la tenacidad, aun cuando contiene más que 0,05%. En



consecuencia, el límite superior está definido en 0,05%. Una concentración preferida es 0,005 a 0,03%. Una concentración aun más preferida es 0,01 a 0,02%.

V: 0,05 a 0,3%

V es un elemento importante en el acero inventivo. El mismo precipita formando carburos finos durante el revenido, similar a Mo, lo que es efectivo para disminuir el espesor de valor mitad y también disminuye el coeficiente de difusión de hidrógeno durante el revenido a alta temperatura. Para lograr esto, la concentración tiene que ser 0,05% o más. Por otro lado, el efecto es saturado aun si contiene más que 0,3%. En consecuencia, el límite superior está definido en 0,3%. Una concentración preferida es 0,05 a 0,20%.

B: 0,0001 a 0,005%

Aun una pequeña cantidad de B tiene el efecto de mejorar la templabilidad del acero. Si la concentración es menor que 0,0001%, el efecto no es suficiente. Por otro lado, si excede 0,005%, el efecto es saturado y forma  $\text{Cr}_{23}(\text{C}, \text{B})_6$  como carburos gruesos en la interfase granular, lo que deteriora la resistencia a SSC. En consecuencia, el límite superior está definido en 0,005%. Una concentración preferida es 0,0002 a 0,002%.

N: 0,01% o menos

N existe como impureza en el acero y segrega hacia la interfase granular, lo que deteriora la resistencia a SSC.



Además, al agregar Ti o Zr, forma TiN o ZrN. Si la concentración de N excede 0,01%, la cantidad de N en exceso que no ha reaccionado con Ti o Zr forma precipitados de BN. Esto resulta en un efecto insuficiente para mejorar la templabilidad por el agregado de B, lo que deteriora la resistencia a SSC y la tenacidad. En consecuencia, el límite superior está definido en 0,01%. El límite superior de N es preferiblemente 0,007%. Es deseable que la concentración de N sea tan baja como posible.

O (oxígeno): 0,01% o menos

O (oxígeno) existe como una impureza en el acero, similar a N. Si su concentración excede 0,01%, forma óxidos gruesos, lo cual deteriora la tenacidad y la resistencia a SSC. En consecuencia, el límite superior está definido en 0,01%. El límite superior para el O (oxígeno) es preferiblemente 0,005%. Es deseable que la concentración de O (oxígeno) sea tan baja como posible.

Con referencia al acero para tubos para pozos petrolíferos de la invención, el mismo puede contener otros elementos como Nb, Zr, Ca y Mg, además de Fe.

Nb: 0 a 0,1%

Nb es agregado opcionalmente. Cuando se agrega, el mismo forma precipitados de carburos que resultan eficazmente en acero de granos finos por el efecto de bloqueo. Para lograr este efecto, debe contener 0,002% o más. Por otro lado, el



efecto es saturado deteriorando la tenacidad debido a carburos de Nb formados excesivamente cuando la concentración es mayor que 0,1%. En consecuencia, el límite superior está definido en 0,1%. Una concentración preferida es 0,005 a 0,03%.

Zr: 0 a 0,1%

Zr es agregado opcionalmente. Cuando se agrega, tiene el efecto de formar nitruro por reacción con N, que es una impureza en el acero. La cantidad de Zr que no ha reaccionado con N forma precipitados finos de carburos, lo que resulta eficazmente en acero de grano fino por el efecto de bloqueo. La formación de nitruro suprime la reacción de N con B, el cual se agrega para mejorar la templabilidad del acero, lo que resulta en mantener B en estado soluto sólido que asegura suficiente templabilidad.

Para obtener esto, Zr tiene que tener una concentración de 0,002% o más. Por otro lado, el efecto es saturado y se deteriora la tenacidad, aun cuando su concentración sea mayor que 0,1%. En consecuencia, el límite superior está definido en 0,1%. Una concentración preferida es 0,005 a 0,06%. Una concentración aun más preferida es 0,01 a 0,04%.

Ca: 0 a 0,01%

Ca es agregado opcionalmente. Cuando se agrega, se combina con S en el acero para formar sulfuros y mejora la conformación de inclusiones, lo cual mejora la resistencia a



SSC. Para esto, debe contener 0,0001% o más. Por otro lado, el efecto es saturado y la tenacidad y resistencia a SSC se deterioran debido a las inclusiones gruesas de Ca formadas, aun cuando contenga más de 0,01%. En consecuencia, el límite superior está definido en 0,01%. Una concentración preferida es 0,0003 a 0,003%.

Mg: 0 a 0,01%

Mg es agregado opcionalmente. Cuando se agrega, se combina con S en el acero, igual que Ca, para formar sulfuros y mejora la conformación de las inclusiones y la resistencia a SSC. Para esto, tiene que contener 0,0001% o más. Por otro lado, el efecto es saturado y la tenacidad y resistencia a SSC se deterioran debido a las inclusiones gruesas de Mg formadas, aun si contiene más de 0,01%, el límite superior es definido en 0,01%. Una concentración preferida es 0,0003 a 0,003%.

#### Ejemplo 1

Aceros con la composición química mostrada en la Tabla 3 fueron fundidos en tochos con diámetros exterior 225 a 310 mm. Después de calentar los tochos a 1250°C, fueron formados tubos de acero sin costura de varias dimensiones con el procedimiento de fabricación de tubos por mandril Mannesmann. En este caso fueron variadas la relación total de trabajo (%) al terminar la conformación y la temperatura final (°C) al terminar la laminación final. Luego se controla la



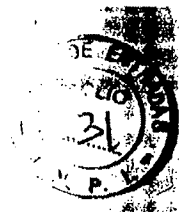
resistencia por templado por enfriamiento con agua después de mantenerlos a diversas temperaturas durante 30 minutos, seguido por revenido por aire frío después de mantenerlos a diversas temperaturas durante 30 minutos.



Tabla 3

Composición química (% en masa)																	
Acero	C	Si	Mn	P		Al sol.	Cr	Mo	Ti	V	B	Nb	Zr	Ca	Mg	N	O
A	0,25	0,20	0,44	0,005	0,0031	0,030	0,51	0,73	0,015	0,11	0,0011	-	-	-	-	0,0041	0,0040
B	0,29	0,18	0,45	0,004	0,0022	0,031	0,49	0,74	0,014	0,25	0,0010	-	-	-	-	0,0053	0,0033
C	0,27	0,22	0,51	0,005	0,0019	0,033	0,51	0,95	0,016	0,24	0,0006	-	-	-	-	0,0037	0,0028
D	0,25	0,19	0,43	0,006	0,0034	0,029	0,95	0,71	0,014	0,11	0,0005	0,024	-	-	-	0,0033	0,0038
E	0,27	0,18	0,44	0,003	0,0025	0,033	0,68	0,73	0,013	0,06	0,0009	-	0,015	-	-	0,0038	0,0044
F	0,25	0,23	0,41	0,006	0,0051	0,034	0,51	0,54	0,015	0,11	0,0009	0,022	0,013	-	-	0,0039	0,0028
G	0,25	0,21	0,35	0,005	0,0028	0,021	0,53	0,75	0,013	0,09	0,0007	-	-	0,0031	-	0,0037	0,0031
H	0,27	0,24	0,76	0,005	0,0021	0,033	0,53	0,73	0,016	0,12	0,0009	0,025	-	0,0035	-	0,0043	0,0034
I	0,30	0,22	0,30	0,002	0,0018	0,021	0,54	0,71	0,013	0,06	0,0011	-	0,009	0,0033	-	0,0028	0,0046
J	0,29	0,12	0,76	0,005	0,0011	0,024	0,21	0,68	0,013	0,20	0,0008	0,023	0,014	0,0022	-	0,0035	0,0031
K	0,28	0,20	0,43	0,004	0,0023	0,021	0,50	0,74	0,013	0,11	0,0009	-	-	-	0,0022	0,0045	0,0045
L	0,27	0,17	0,44	0,005	0,0018	0,023	0,51	0,69	0,015	0,10	0,0012	0,031	-	-	0,0018	0,0050	0,0061
M	0,29	0,18	0,40	0,003	0,0025	0,024	0,48	0,71	0,008	0,09	0,0009	-	0,010	-	0,0017	0,0043	0,0031
N	0,26	0,16	0,44	0,004	0,0018	0,026	0,52	0,73	0,014	0,10	0,0010	-	-	0,0011	0,0012	0,0051	0,0041
O	0,28	0,18	0,45	0,005	0,0022	0,032	0,50	0,76	0,008	0,15	0,0011	0,024	0,008	-	0,0028	0,0060	0,0034
P	0,27	0,15	0,42	0,003	0,0021	0,030	0,50	0,81	0,014	0,10	0,0010	0,021	-	0,0010	0,0013	0,0052	0,0033
Q	0,28	0,22	0,45	0,004	0,0015	0,025	0,51	0,71	0,009	0,10	0,0011	-	0,011	0,0011	0,0011	0,0053	0,0030
R	0,27	0,19	0,46	0,006	0,0021	0,028	0,49	0,67	0,008	0,09	0,0012	0,030	0,009	0,0012	0,0013	0,0051	0,0041
S	0,27	0,13	0,42	0,007	0,0009	0,022	0,54	0,94	0,015	0,12	0,0015	-	-	-	-	0,0039	0,0038
T	0,26	0,27	0,44	0,008	0,0024	0,034	1,01	0,75	0,015	0,10	0,0004	-	-	-	-	0,0035	0,0035
U	0,25	0,33	0,45	0,006	0,0031	0,023	0,51	0,78	0,015	0,19	0,0003	-	-	-	-	0,0041	0,0043
V	0,26	0,24	0,48	0,005	0,0022	0,024	1,23*	0,76	0,017	0,11	0,0001	-	-	-	-	0,0038	0,0041
W	0,29	0,22	0,46	0,004	0,0022	0,035	0,98	0,45*	0,015	0,09	0,0005	-	-	-	-	0,0041	0,0046
X	0,27	0,20	0,45	0,006	0,0016	0,019	0,53	0,77	0,013	0,03*	0,0009	-	-	-	-	0,0036	0,0048





Una pieza de ensayo de  $1 \times 10 \times 10 \text{ mm}^3$  fue tomada del tubo obtenido de acero inoxidable sin costura, pulido con papel de lija No. 1200, luego fue removida la capa endurecida de trabajo de la superficie de la pieza de ensayo sumergiéndola en una solución de peróxido de hidrógeno acuoso a temperatura ambiente, con adición de una pequeña cantidad de ácido fluorhídrico. La muestra fue sometida a ensayo de difracción por rayos X para medir el espesor de valor mitad para el pico de la cara cristalina [211].

Además, varillas redondas con diámetro de porción paralela de 6 mm y longitud de porción paralela de 40 mm, fueron tomadas como pieza de ensayo de tracción de los materiales acero en la dirección de laminación, y sometida a ensayo de tracción a temperatura ambiente, determinándose la resistencia de la pieza de ensayo basada en el valor medido para resistencia (YS).

La resistencia a SSC fue evaluada de acuerdo con dos procedimientos, el ensayo de carga constante y el ensayo DCB, los cuales fueron descriptos más arriba.

Además, piezas discoidales de 12 a 20 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor fueron tomadas como piezas de ensayo de los materiales acero, midiéndose el coeficiente de difusión de hidrógeno por el ensayo de



penetración de hidrógeno.

La Tabla 4 muestra las condiciones de fabricación de los materiales acero, la resistencia (YS), espesor de valor mitad, coeficiente de difusión de hidrógeno y resultados del ensayo de SSC.

Tabla 4

Ensa. No.	Relación total de trabajo (%)	Temperatura final de laminación (°C)	Temperatura de templado (°C)	Resisten- cia YS (MPa)	Espesor de valor mitad H	Coeficiente de difusión de hidrógeno D(10 <sup>-6</sup> cm <sup>2</sup> /s)	30H+D	Baño de ensayo	Resultado de Ensayo a SSC	
									Ensayo de carga constante	Ensayo DCB (Factor de Intensidad de tensión K <sub>ISCC</sub> )
Presente Invenición	A	1100	920	944	0,42	3,10	15,7	A	○	31,1
	B	1050	910	958	0,46	2,40	16,2	A	○	27,3
	C	1030	920	965	0,35	2,10	12,6	A	○	29,3
	D	1040	920	951	0,37	1,80	12,9	A	○	29,5
	E	960	1050	971	0,47	1,90	16,0	A	○	29,3
	F	1030	930	944	0,54	2,00	18,2	A	○	31,3
	G	990	920	951	0,46	3,50	17,3	A	○	30,4
	H	1100	920	944	0,45	4,30	17,8	A	○	26,4
	I	1010	920	958	0,42	1,90	14,5	A	○	31,1
	J	1050	920	951	0,51	1,30	16,6	A	○	31,4
	K	1100	920	958	0,46	2,3	16,1	A	○	28,5
	L	1050	920	951	0,47	2,4	16,5	A	○	29,1
	M	1100	920	944	0,45	1,9	15,4	A	○	30,2
	N	1050	920	958	0,47	2,1	16,2	A	○	29,5
	O	1050	1050	951	0,48	2,3	16,7	A	○	28,3
	P	1050	920	958	0,41	2,2	14,5	A	○	29,1
	Q	1100	920	951	0,45	1,8	15,3	A	○	31,0
	R	1050	920	958	0,45	2,3	15,8	A	○	29,5
Comparativo	K	1050	920	944	0,59	2,20	19,9	A	X	24,1
	L	930	920	937	0,61	6,31	24,6	A	X	19,1
	M	1050	900	944	0,49	6,90	21,6	A	X	23,4
	N	1040	920	937	0,61	2,31	20,6	A	X	22,6
	O	1050	920	944	0,59	6,90	24,6	A	X	19,8
	P	1030	920	937	0,61	7,31	25,6	A	X	18,1
	A	1100	920	861	0,42	3,10	15,7	B	○	30,1
	B	1050	910	854	0,46	2,40	16,2	B	○	29,4
Presente Invenición	C	1030	920	861	0,35	2,10	12,6	B	○	28,8
	D	1040	920	854	0,37	3,80	14,9	B	○	29,4





Los ensayos No. 1 a 18 indican piezas de ensayo con resistencia controlada al valor YS cercano a 965 MPa (límite superior para la clase 125 ksi). El ensayo de SSC (ensayo de carga constante, ensayo DCB) fue realizado con el baño A para evaluación. En todas las piezas de ensayo, el espesor de valor mitad H y el coeficiente de difusión de hidrógeno D ( $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/s) satisface la ecuación (1) descripta previamente. No se produjeron roturas en el ensayo de carga constante, y el valor  $K_{ISSC}$ , medido por el ensayo DCB, fue 25 o más, y la resistencia a SSC fue favorable.

Por el contrario, la relación total de trabajo fue grande para el ensayo No. 19, la temperatura final de laminación fue baja para el ensayo No. 20 y la temperatura de templado fue baja para el ensayo No. 21. En consecuencia, el espesor de valor mitad y el coeficiente de difusión de hidrógeno se incrementaron, y la resistencia a SSC no resultó favorable para ninguno de ellos. La concentración de Cr era mayor de 1,0% para el ensayo No. 22, de Mo era menor de 0,5% para el ensayo No. 23 y de V era menor de 0,05% para el ensayo No. 24. En consecuencia, el espesor de valor mitad y el coeficiente de difusión de hidrógeno aumentaron, y la resistencia a SSC no resultó favorable en ninguno de ellos.

Además, los ensayos No. 25 a 28 indican piezas de ensayo fabricadas de aceros A a D y con resistencia controlada al valor YS cercano a 861 MPa (límite superior para la clase 110



ksi). Dichas piezas de ensayo, al igual que los ensayos No. 1 a 18, no mostraron roturas en el ensayo de carga constante, y el valor  $K_{ISSC}$  medido por el ensayo DCB fue 25 o más, siendo favorable la resistencia a SSC.

Como se ha descripto anteriormente, los aceros de la invención muestran excelente resistencia a SSC en la clase 125 ksi en los ensayos No. 1 a 18, así como excelente resistencia a SSC en la clase 110 ksi en los ensayos No. 21 a 28.

#### Aplicabilidad Industrial

La presente invención puede proveer de manera estable tubos para pozos petrolíferos con excelente resistencia a SSC aun con resistencias elevadas de 861 MPa o más de límite elástico (YS).

#### Descripción resumida de los dibujos adjuntos

La figura 1 es una vista esquemática de un aparato de ensayo de penetración de hidrógeno.

La figura 2 es un gráfico que muestra el valor corriente de penetración de hidrógeno medido como resultado del ensayo de penetración de hidrógeno.

La figura 3 es un gráfico que muestra el resultado del ensayo de carga constante en el cual la abscisa expresa el valor de espesor de valor mitad H y la ordenada expresa el coeficiente de difusión de hidrógeno D ( $\times 10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/s).

La figura 4 muestra el resultado de la invención para la



correlación entre una relación total de trabajo (%) y el espesor de valor mitad H para el acero (a) en la Tabla 1.

La figura 5 muestra el resultado de la investigación para la correlación entre la temperatura final de laminación ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el espesor de valor mitad H, y la correlación entre la temperatura final de laminación ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el coeficiente de difusión de hidrógeno ( $\times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ ) para el acero (a) en la Tabla 1.

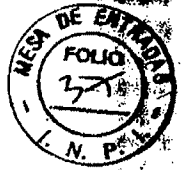
La figura 6 muestra el resultado de la investigación para la correlación entre la temperatura de templado ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el espesor de valor mitad H, así como la correlación entre la temperatura de templado ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el coeficiente de difusión de hidrógeno ( $\times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ ) para el acero (a) en la Tabla 1.

#### Referencias numéricas

- 1 Celda de cátodo
- 2 Celda de ánodo
- 3 Pieza de ensayo
- 4 potencióstato
- 5 electrodo de referencia
- 6 electrodo contador

Descripta que ha sido la naturaleza de la presente invención y la manera de llevarla a la práctica, se declara que lo que se reivindica como de invención y propiedad exclusiva es:

-----SIGUEN LAS REIVINDICACIONES EN LA PÁGINA - 35 -



## REIVINDICACIONES

1.- Acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos, que contienen los siguientes elementos, en % en masa, C: 0,2 a 0,35%, Si: 0,05 a 0,5%, Mn: 0,05 a 1,0%, P: 0,025% o menos, S: 0,01% o menos, Al: 0,005 a 0,10%, Cr: 0,1 a 1,0%, Mo: 0,5 a 1,0%, Ti: 0,002 a 0,05%, V: 0,05 a 0,3%, B: 0,0001 a 0,005%, N: 0,01% o menos, O (oxígeno): 0,01% o menos, Nb: 0 a 0,1%, Ca: 0 a 0,01%, Mg: 0 a 0,01% y Zr: 0 a 0,1%, en el cual el espesor de valor mitad  $H$  y el coeficiente de difusión de hidrógeno  $D$  ( $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/s) satisfacen la siguiente ecuación (1):

$$30H + D \leq 19,5 \quad \text{ecuación (1).}$$

2.- Acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos según la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque el límite elástico es 861 MPa o más.

3.- Acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos según la reivindicación 1 ó 2, CARACTERIZADO porque contiene además Nb: 0 a 0,1% en masa.

4.- Acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, CARACTERIZADO porque contiene además uno o ambos de los elementos Ca: 0 a 0,01% y Mg 0 a 0,01% en masa.

5.- Acero de baja aleación para tubos para pozos



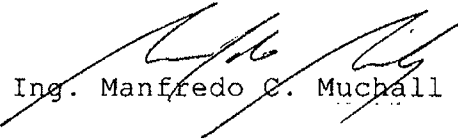


petrolíferos según cualquiera de las reivindicaciones 1  
a 4, CARACTERIZADO porque contiene además Zr: 0 a  
0,1% en masa.

Buenos Aires,

pp. de la firma: SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.

MUCHALL SRL - AGENTE 190

  
Ing. Manfredo C. Muchall



## RESUMEN

Se describe un acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos con excelente resistencia a fisuras por tensiones de sulfuro que contiene los siguientes elementos, en % en masa, C: 0,2 a 0,35%, Si: 0,05 a 0,5%, Mn: 0,05 a 1,0%, P: 0,025% o menos, S: 0,01% o menos, Al: 0,005 a 0,10%, Cr: 0,1 a 1,0%, Mo: 0,5 a 1,0%, Ti: 0,002 a 0,05%, V: 0,05 a 0,3%, B: 0,0001 a 0,005%, N: 0,01% o menos, O (oxígeno): 0,01% o menos, Nb: 0 a 0,1%, Ca: 0 a 0,01%, Mg: 0 a 0,01% y Zr: 0 a 0,1%, en el cual el espesor de valor mitad  $H$  y el coeficiente de difusión de hidrógeno  $D$  ( $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/s) satisfacen la siguiente ecuación (1):

$$30H + D \leq 19,5$$

ecuación (1)

# HOJA TECNICA



(19) I.N.P.I.  
REPUBLICA ARGENTINA

(10) PUBLICACION No.: AR

(21) SOLICITUD No.:

(51) INT. CL.: <sup>7</sup>C22C 38/22, 38/24, 38/28, 38/32

**050102357**  
(12) ☒ PATENTE DE INVENCION ☐ MODELO DE UTILIDAD

(22) FECHA PRESENTACION	(71) SOLICITANTE(S): <b>SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.</b> 5-33, Kitahama 4-chome, Chuo-ku Osaka-shi, Osaka 541-0041 JAPÓN
(30) DATOS PRIORIDAD: No. 2004 - 175242 Fecha: 14. 06. 2004 País : JAPÓN	(72) INVENTOR(ES): TOMOHIKO OMURA KENJI KOBAYASHI
(41) FECHA PUBLICACION SOLICITUD: BOLETIN No.	(74) AGENTE: 190
(61) ADICIONAL A:	(83) DEPOS. MICROORGANISMOS:
(62) DIVISIONAL DE:	

I.N.P.I.  
JUN 2005 13 47  
MESA DE ENTRADAS

(54) TITULO DE LA INVENCION: **ACERO DE BAJA ALEACIÓN PARA TUBOS PARA POZOS PETROLÍFEROS**

(57) RESUMEN:

Se describe un acero de baja aleación para tubos para pozos petrolíferos con excelente resistencia a fisuras por tensiones de sulfuro que contiene los siguientes elementos, en % en masa, C: 0,2 a 0,35%, Si: 0,05 a 0,5%, Mn: 0,05 a 1,0%, P: 0,025% o menos, S: 0,01% o menos, Al: 0,005 a 0,10%, Cr: 0,1 a 1,0%, Mo: 0,5 a 1,0%, Ti: 0,002 a 0,05%, V: 0,05 a 0,3%, B: 0,0001 a 0,005%, N: 0,01% o menos, O (oxígeno): 0,01% o menos, Nb: 0 a 0,1%, Ca: 0 a 0,01%, Mg: 0 a 0,01% y Zr: 0 a 0,1%, en el cual el espesor de valor mitad H y el coeficiente de difusión de hidrógeno D ( $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/s) satisfacen la siguiente ecuación (1):

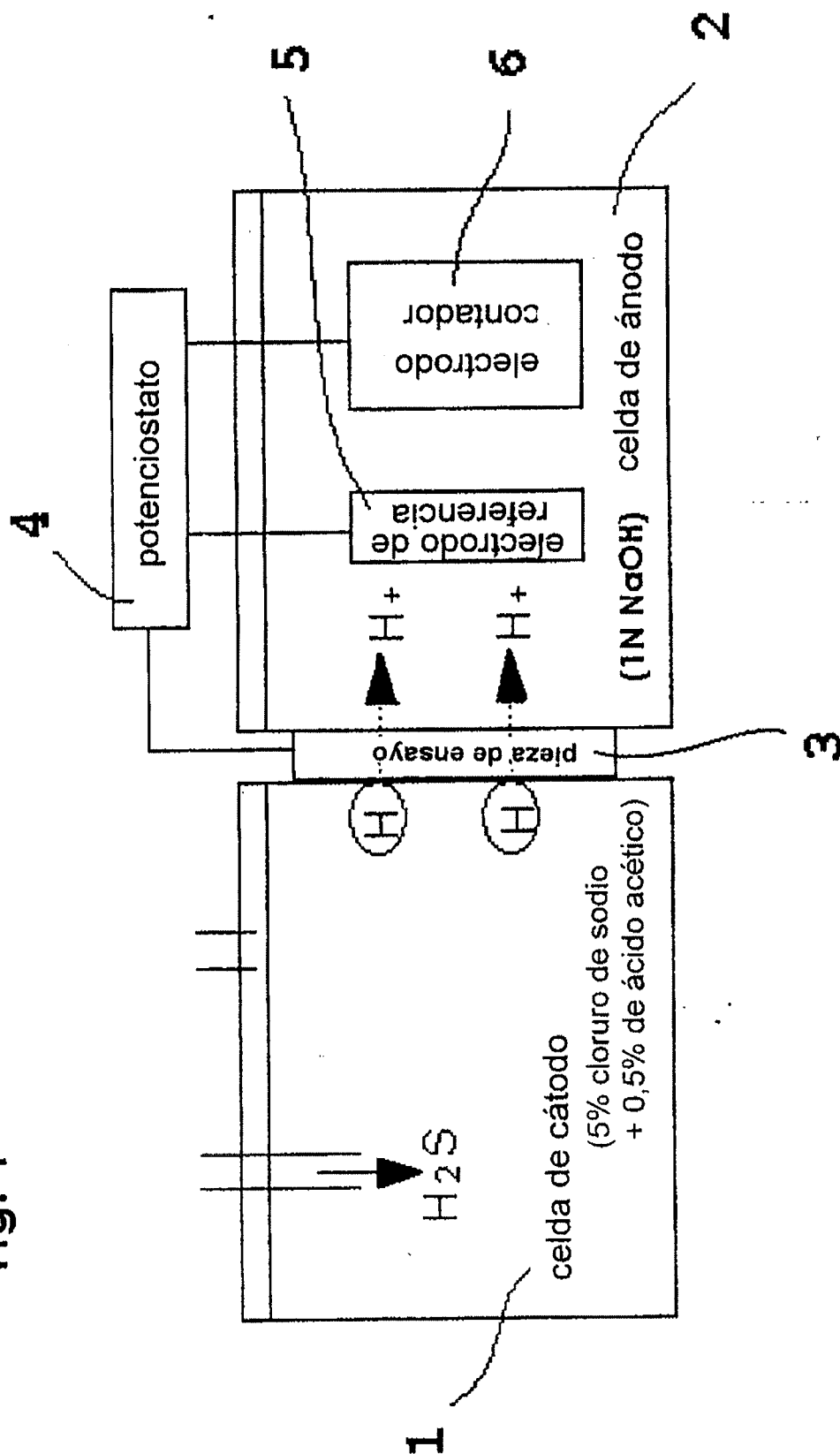
$$30H + D \leq 19,5$$

ecuación (1)

FIGURA MAS REPRESENTATIVA No.: /



Fig. 1



corriente de penetración de hidrógeno

Fig. 2

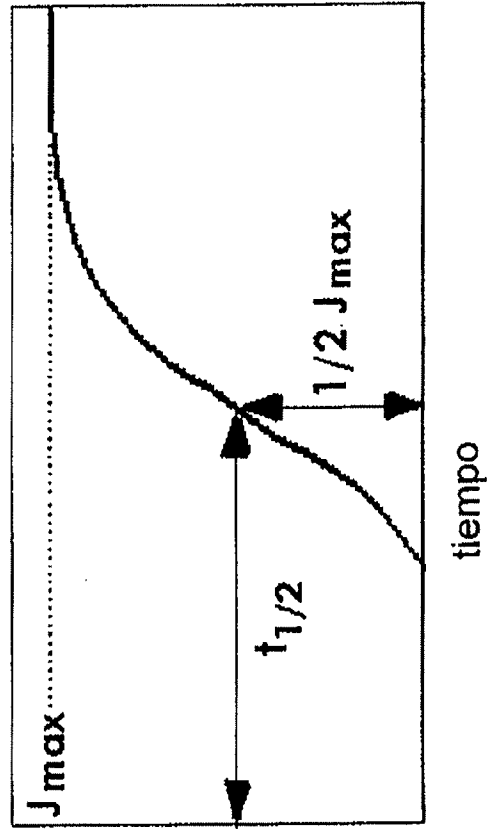


Fig. 3

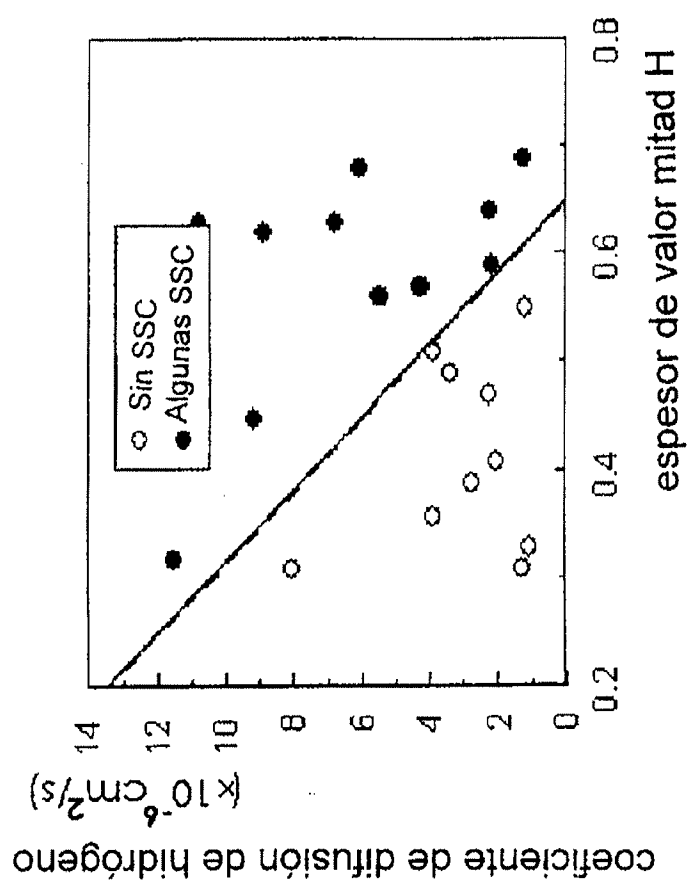


Fig. 4

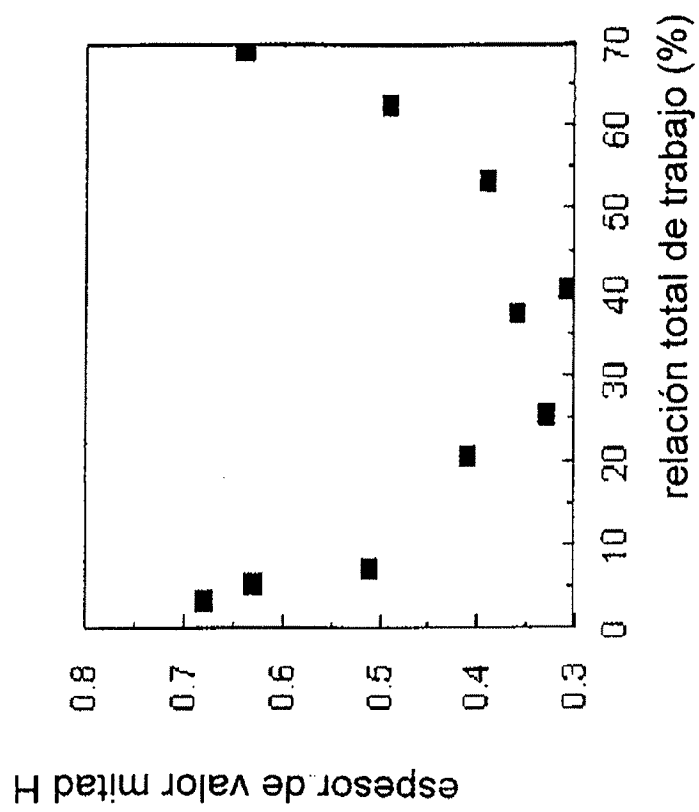


Fig. 5

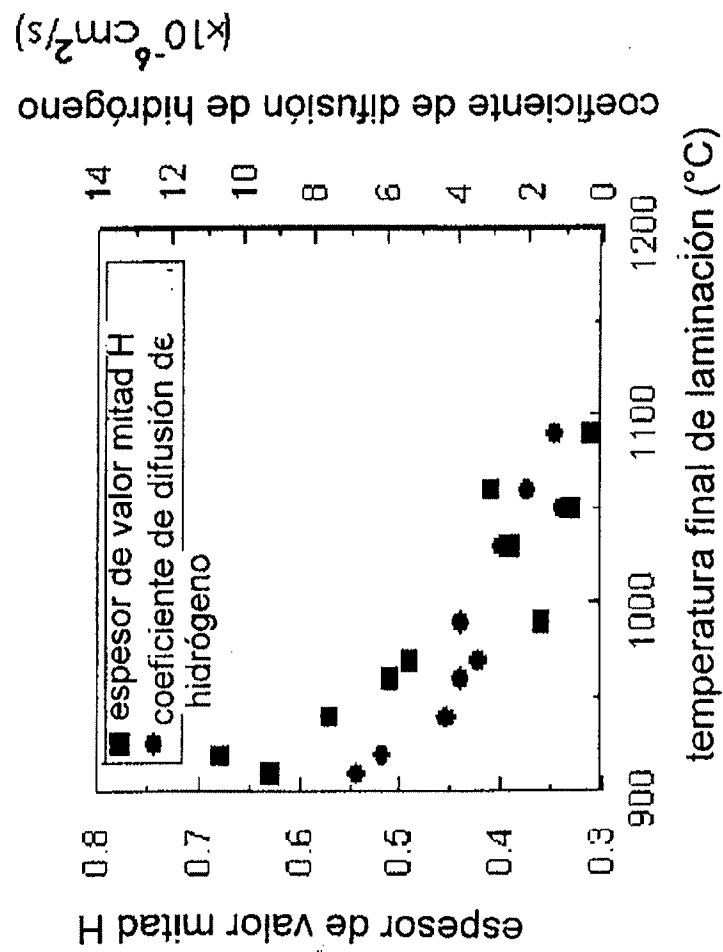
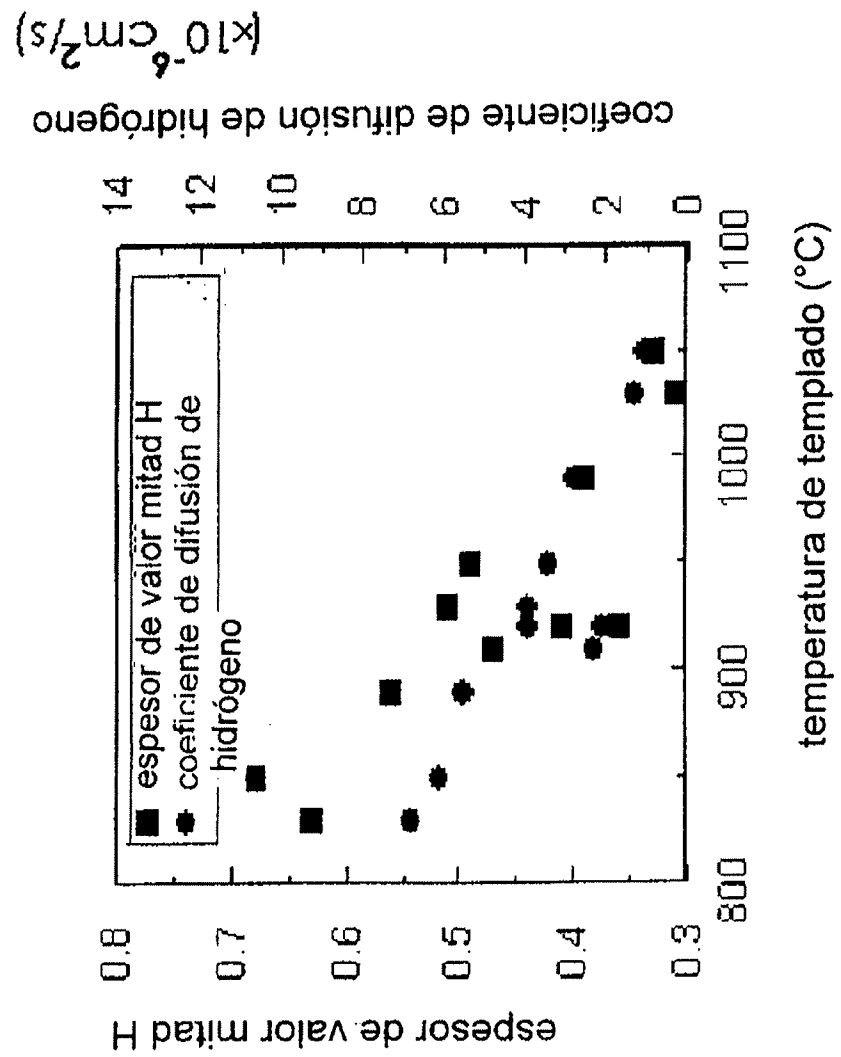




Fig. 6




**INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL  
ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE PATENTES**

BUENOS AIRES, 02/08/2006

**SOLICITUD Nº : P 05 01 02357**

HABIENDO SIDO APROBADO EL EXAMEN PRELIMINAR PRACTICADO EN EL ACTA DE LA REFERENCIA, Y CONFORME LO ESTABLECE EL ART. 26 DE LA LEY 24.481 (ANEXO I DEC. 260/96), OPORTUNAMENTE PUBLIQUESE LA PRESENTE SOLICITUD EN LOS TERMINOS DEL ART. 26 DEL REGLAMENTO DE LA LEY DE PATENTES (ANEXO II, DEC. 260/96).

SIN PERJUICIO DE LO EXPUESTO PRECEDENTEMENTE, SE RECUERDA AL INTERESADO QUE PARA PROCEDER AL EXAMEN DE FONDO **DEBERÁ** ABONAR LA TASA QUE A TAL EFECTO ESTABLECE EL DECRETO 260/96 – ANEXO III, DENTRO DE LOS TRES AÑOS DE PRESENTACIÓN DE LA SOLICITUD, CASO CONTRARIO LA MISMA SERÁ CONSIDERADA **DESISTIDA, SIN MAS TRÁMITE.**

  
Dr. EDUARDO ARIAS  
COMISARIO  
Administración Nacional de Patentes

  
**NOTIFICADO**  
28/8/06  
MARIANO YUGIMOVICH

**INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL  
ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE PATENTES**

**SOLICITUD N° : P 05 01 02357**

**EXAMEN PRELIMINAR TÉCNICO APROBADO**

Del estudio formal de las presentes actuaciones, conforme con los lineamientos emergentes de la resolución INPI P-265/03, se aprueban para su publicación:

TITULO ORIGINAL: ☒

RESUMEN ORIGINAL: ☒

TITULO MODIFICADO POR EXAMINADOR: ☐

RESUMEN MODIFICADO POR EXAMINADOR: ☐

PRIMERA REIVINDICACIÓN: ☐

REIVINDICACIÓN(ES) SECUNDARIA(S) N°:

CANTIDAD DE REIVINDICACIONES PARA EL PAGO DE ARANCELES

(Dto. 260/96, Anexo III): 5

FIGURA(S) APROBADA(S) N°: ---

Int. Cl. <sup>7</sup>: C22C 38/22, 38/24, 38/28, 38/32

**Nota:** Para cualquier consulta sobre la solicitud, se deberá concertar previamente una cita por teléfono con el examinador a cargo del mismo (T.E.:4344-4923 al 27).

**DICTAMEN EXAMEN PRELIMINAR TÉCNICO:**

☒ **ACEPTAR**

FIRMA EXAMINADOR:

Ing. CORNEU

FECHA: 02/08/2006

Dr. EDUARDO ARIAS  
COMISARIO  
Administración Nacional de Patentes

**INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL**  
**ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE PATENTES**

**SOLICITUD N° P050102357**

**EXAMEN PRELIMINAR ADMINISTRATIVO**

**Examen Preliminar Administrativo Aprobado.**

**DICTAMEN EXAMEN PRELIMINAR ADMINISTRATIVO**

☒ **ACEPTAR**

FIRMA EXAMINADOR

FECHA 17/05/06

  
T. PLANDOLIT

  
Dr. EDUARDO ARIAS  
COMISARIO  
Administración Nacional de Patentes